การตอบสนองทางสรีรวิทยาและการแสดงออกของยีน PsbS1 ที่ตอบสนองต่อภาวะเครียดจากความเค็มของข้าวสายพันธุ์ทนเค็มที่ได้จากประชากร CSSL

นางสาวพนิตา ชุติมานุกูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5472839923

PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND PsbS1 GENE EXPRESSION RESPONDING TO SALT STRESS CONDITION OF SALT-TOLERANT RICE LINES OBTAINED FROM CSSL POPULATION

Miss Panita Chutimanukul

3606827949

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Botany
Department of Botany
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตอบสนองทางสรีรวิทยาและการแสดงออกของยีน PsbS1 ที่ตอบสนองต่อภาวะเครียดจากความเค็มของข้าวสายพันธุ์ทนเค็มที่ได้จากประชากร CSSL
โดย	นางสาวพนิตา ชุติมานุกูล
สาขาวิชา	พฤกษศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญธิดา โฆษิตทรัพย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ต่อศักดิ์ สีลานันท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญธิดา โฆษิตทรัพย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีดา บุญ-หลง)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. ธีรยุทธ ตู้จินดา)

3606822949

พนิตา ชุติมานุกูล : การตอบสนองทางสรีรวิทยาและการแสดงออกของยีน PsbS1 ที่ตอบสนองต่อภาวะเครียดจากความเค็มของข้าวสายพันธุ์ทนเค็มที่ได้จากประชากร CSSL. (PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND PsbS1 GENE EXPRESSION RESPONDING TO SALT STRESS CONDITION OF SALT-TOLERANT RICE LINES OBTAINED FROM CSSL POPULATION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. บุญธิดา โฆษิตทรัพย์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. ศุภจิตรา ชัชวาลย์, 167 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวสายพันธุ์ที่ได้รับการแทนที่บางส่วนของโครโมโซม (CSSL) ที่อยู่ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล RM1003 และ RM3362 บนโครโมโซมที่ 1 ที่มีขนาดต่างๆ กัน ข้าวในประชากร CSSL นี้มีพื้นฐานทางพันธุกรรมเหมือนกับข้าวพันธุ์ KDML105 และได้รับชิ้นส่วนโครโมโซมที่ 1 ที่คาดว่ามียีนทนแล้งจากข้าวสายพันธุ์ทนแล้งซึ่งเป็นสายพันธุ์ดับเบิ้ลแฮบพลอยด์คือ สายพันธุ์ DH212 ดังนั้นการทดลองนี้จึงประเมินการตอบสนองต่อภาวะเครียดจากความเค็มในข้าวประชากร CSSL โดยศึกษาเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ KDML105 และ DH212 รวมทั้งพันธุ์มาตรฐานทนเค็มคือข้าวพันธุ์ Pokkali และข้าวพันธุ์มาตรฐานไวต่อความเค็มคือพันธุ์ IR29 ในการศึกษาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยา พบว่าการได้รับความเค็มด้วยโซเดียมคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 150 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 21 วัน ข้าวพันธุ์ KDML105 และ IR29 ไม่สามารถมีชีวิตรอดได้ ดังนั้นการทดลองในประชากร CSSL จึงมีการศึกษาในช่วงเวลาถึง 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม โดยเก็บผลในวันที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม ข้าวหลังจากได้รับภาวะเค็มด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ที่ระดับความเข้มข้น 75 mM เป็นเวลา 18 วัน พบว่า CSSL16 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ในขณะที่ภายใต้สารละลาย โซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 150 mM ข้าวสายพันธุ์ CSSL10 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ซึ่งข้าว CSSL ทั้งสองสายพันธุ์นี้ได้รับส่วนของยีนทนภาวะเครียดจากโครโมโซมที่ 1 เต็มส่วนตามที่ได้ศึกษาไว้คืออยู่ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล RM1003 และ RM3362 ข้าว CSSL10 CSSL12 และ CSSL16 ยกเว้น CSSL11 ที่มีการแทนที่ชิ้นส่วนทนเค็มบริเวณโครโมโซมที่1 มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Amax) ที่ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 75 mM เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ Amax ของข้าวสายพันธุ์ CSSL11 และ CSSL26 มีค่าลดลง ซึ่ง CSSL26 นี้ได้รับส่วนของยีนทนเค็มที่อยู่ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล RM3462 และ RM529 เป็นที่น่าสนใจว่าข้าวสายพันธุ์ CSSL27 ที่ได้รับส่วนของยีนทนเค็มที่อยู่ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล RM7594 และ RM3442 มี Amax เพิ่มขึ้น ยีน PsbS1 เป็นยีนสำคัญยีนหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยเป็นยีนที่เป็นรหัสของโปรตีน chlorophyll a/b binding ข้าว CSSL27 และข้าวประชากร CSSL อื่นๆ ที่ได้รับชิ้นส่วนเต็มของยีนที่ทำการศึกษา จะมียีน PsbS1 จากข้าวสายพันธุ์ DH212 ในขณะที่ข้าว CSSL26 มียีน PsbS1 ที่ได้จากข้าวพันธุ์ KDML105 เมื่อเปรียบเทียบการแสดงออกของยีน PsbS1 ในความเข้มข้นเกลือ 75 mM ระหว่างข้าวสายพันธุ์ CSSL11 CSSL16 CSSL26 CSSL27 KDML105 และ DH212 พบว่าข้าวพันธุ์ KDML105 และสายพันธุ์ CSSL26 มีการแสดงออกของยีน PsbS1 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม ขณะที่ข้าว CSSL อื่นๆ มีความสามารถในการปรับการแสดงออกของยีน PsbS1 ได้คล้ายคลึงกับข้าว DH212 จากข้อมูลนี้แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการควบคุมการแสดงออกของยีน PsbS1 เมื่ออยู่ในภาวะเค็มของข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับการปรับตัวในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงระหว่างได้รับภาวะเครียดจากความเค็ม และนำไปสู่ความสามารถในการทนเค็มในข้าว

ภาควิชา พฤกษศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา พฤกษศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5472839923 : MAJOR BOTANY
KEYWORDS: RICE / CSSL / PSBS1 GENE / SALT STRESS

PANITA CHUTIMANUKUL: PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND PSBS1 GENE EXPRESSION RESPONDING TO SALT STRESS CONDITION OF SALT-TOLERANT RICE LINES OBTAINED FROM CSSL POPULATION. ADVISOR: ASST. PROF. BOONTHIDA KOSITSUP, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. SUPACHITRA CHADCHAWAN, Ph.D., 167 pp.

This research was aimed to evaluate some physiological responses of the chromosome segment substitution lines (CSSL), containing various regions between RM1003 and RM3362 markers on chromosome 1 of rice. These CSSLs had 'KDML105' rice genetic background and obtained the putative salt tolerant regions from the chromosome 1 of the drought tolerant double haploid line, DH212. Therefore, the experiments were performed to evaluate salt-stress responses among CSSLs, 'KDML105' and DH212 rice, in comparison with the salt tolerant standard cultivar, 'Pokkali' rice and salt susceptible cultivar, 'IR29' rice. To determine the appropriate period for physiological response study, it was found that after 21 days under 150 mM NaCl treatment, 'KDML105' and 'IR29' rice could not prolong life in this condition. Therefore, the evaluation experiments on CSSLs were performed up to 18 days after salt treatments, and the data were collected on 0, 6, 12 and 18 days after treatments. After 18 days of 75 mM NaCl treatment, CSSL16 showed the best growth responses among the tested plant lines, while the growth performance of CSSL10 was the best under 150 mM NaCl treatment. Both of them possessed the full segment between RM1003 and RM3362 markers of chromosome 1. The maximum photosynthetic rate (Amax) on day 18 after 75 mM NaCl treatment of all CSSLs containing the full segment of putative tolerant region from chromosome1, CSSL10, CSSL12, and CSSL16, except CSSL11 was increased. The reduction of Amax was found in CSSL11 and CSSL26, which contained only some part of the putative tolerant region, between RM3462 and RM529. Interestingly, CSSL27, containing the putative tolerant region, between RM7594 and RM3442 also showed the increase in Amax. One of the important genes involving in photosynthesis is PsbS1gene, encoding chlorophyll a/b binding protein, which is the component in photosystem II complex. CSSL27 and CSSLs, containing the full segments of the putative tolerant region obtained PsbS1gene from DH212 rice, while CSSL26 obtained this gene from 'KDML105'rice. The PsbS1gene expression during 75 mM NaCl treatment was compared among CSSL11, CSSL16, CSSL26, CSSL27, 'KDML105' and DH212. The significant reduction in PsbS1gene expression during 18 days of salt stress was found in 'KDML105' and CSSL26, while other CSSLs tested showed the ability to adapt the level of PsbS1gene expression similar to what was found in DH212. These data suggested the difference in the regulation of PsbS1gene expression during salt stress in these plant lines, which contributed to the adaptation in photosynthesis process during salt stress and lead to salt tolerant ability in rice.

Department: Botany
Field of Study: Botany
Academic Year: 2013

Student's Signature Panita Chutimanukul
Advisor's Signature Boonthida Kositsup
Co-Advisor's Signature Supachitra Chadchawan

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญธิดา โฆษิตทรัพย์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภจิตรา ชัชวาลย์ ที่มีส่วนทำให้เกิดหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้ขึ้น รวมถึงการให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นที่มีประโยชน์อย่างยิ่งตลอดระยะเวลาการทำวิจัย รวมถึงการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์จนวิทยาพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี อีกทั้งให้ความกรุณา ห่วงใย ดูแล และให้กำลังใจแก่ผู้ทำวิจัยเสมอมา

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ต่อศักดิ์ สีลานันท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีดา บุญ-หลง และดร.ธีรยุทธ ตู้จินดา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณ นายมีชัย เชี่ยงหลิว และนายอาสาพหะ พัฒนธารา ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความอนุเคราะห์ เอื้อเฟื้อและให้คำแนะนำต่างๆ รวมถึงการจัดหาพันธุ์ข้าวเพื่อใช้ในในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. วราลักษณ์ เกษตรานันท์ สาหรับคำปรึกษาด้านสถิติในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (รหัสโครงการ P-12-01235 และทุนสนับสนุนจากสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ สัญญารับทุนเลขที่ TG-CPMO 01-56-004

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว สำหรับการสนับสนุน ตลอดจนให้ความรักเป็นกำลังใจ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ คุณนพวิชญพงศ์ เครือสาร คุณฝนทิพย์ หนูทอง คุณพัทธานันท์ สมานสุข คุณวาสินี พงษ์ประยูร คุณหนึ่งฤทัย คณานนท์ คุณนพคุณ คุณผลวัฒนา คุณไมยพร ไมโภคา คุณนวมินทร์ สงวนหมู่ คุณจุฑามาศ บุญชัย คุณภูมิพงษ์ ชูช่วยสุวรรณ และนิสิตทุกท่านในศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางสิ่งแวดล้อมและสรีรวิทยาของพืช รวมถึงเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคน สำหรับความช่วยเหลือ คำแนะนำ และกำลังใจที่มีต่อผู้วิจัยตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง 1

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 6

1. ดินเค็มและปัญหาดินเค็ม 6

2. การตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืชเมื่ออยู่ภายใต้ภาวะเครียดจากความเค็ม 7

2.1 การเจริญเติบโตของพืชภายใต้ภาวะเค็ม 11

2.2 การตอบสนองต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในภาวะเค็ม 12

3. ข้าวประชากร CSSL (Chromosomal Segment Substitution Lines) 13

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง 19

1. พืชทดลอง 19

2. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลองในการศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืช 19

2.1 วัสดุอุปกรณ์ในการปลูกพืช 19

2.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาของพืช 19

3. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทำการทดลองในการศึกษาการตรวจสอบการแสดงออกของยีนในระดับ transcription 20

3.1 วัสดุอุปกรณ์ในการปลูกพืช 20

3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัด RNA 20

3.3 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ใน electrophoresis 21

3.4 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ใน real-time polymerase chain reaction (real-time PCR) 21

4. สารเคมีที่ใช้ทำการทดลอง 22

4.1 สารเคมีที่ใช้ในการปลูกพืช 22

4.2 สารเคมีใช้ในการสกัด RNA 22

หน้า

4.3 สารเคมีที่ใช้ใน electrophoresis 23
4.4 สารเคมีที่ใช้ใน real-time polymerase chain reaction (real-time PCR) 23
5. ขั้นตอนและวิธีดำเนินการทดลอง 23
5.1 ศึกษาระดับความเข้มข้นเกลือ และระยะเวลาที่ทำให้ต้นข้าวเกิดภาวะเครียดจากความเค็ม 23
5.2 เปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของข้าวในประชากร CSSL ซึ่งได้รับชิ้นส่วนของโครโมโซมที่1 อยู่ระหว่างโมเลกุลเครื่องหมาย RM212 และ RM5310 ที่มีขนาดชิ้นส่วนต่างๆกันในภาวะเค็มและภาวะปกติ 26
5.3 ตรวจสอบการแสดงออกของยีนในระดับ transcription ของยีน *Chlorophyll a-b binding protein (PsbS1)* ในข้าวสายพันธุ์ CSSL ที่มีความสามารถในการต้านทานความเค็ม 27
6. สถานที่ทำการทดลอง 29
บทที่ 4 ผลการทดลอง 30
1. ผลของระดับความเข้มข้นเกลือ และระยะเวลาที่ทำให้ต้นข้าวเกิดภาวะเครียดจากความเค็ม 30
2. ผลของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของข้าวในประชากร CSSL ซึ่งได้รับชิ้นส่วนของโครโมโซมที่ 1 อยู่ระหว่างโมเลกุลเครื่องหมาย RM212 และ RM5310 ที่มีขนาดชิ้นส่วนต่างๆกันในภาวะเค็มและภาวะปกติ 64
3. ผลการแสดงออกของยีนในระดับ transcription ของยีน *Chlorophyll a-b binding protein (PsbS1)* ในข้าวสายพันธุ์ CSSL ที่มีความสามารถในการต้านทานความเค็ม 106
บทที่ 5 อภิปรายผลการทดลอง 121
1. ผลของระดับความเข้มข้นเกลือ และระยะเวลาที่ทำให้ต้นข้าวเกิดภาวะเครียดจากความเค็ม 121
2. ผลของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของข้าวในประชากร CSSL ซึ่งได้รับชิ้นส่วนของโครโมโซมที่ 1 อยู่ระหว่างโมเลกุลเครื่องหมาย RM212 และ RM5310 ที่มีขนาดชิ้นส่วนต่างๆกันในภาวะเค็มและภาวะปกติ 123
3. การแสดงออกของยีนในระดับ transcription ของยีน *Chlorophyll a-b binding protein (PsbS1)* ในข้าวสายพันธุ์ CSSL ที่มีความสามารถในการต้านทานความเค็ม 134
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 138
1. ผลของระดับความเข้มข้นเกลือ และระยะเวลาที่ทำให้ต้นข้าวเกิดภาวะเครียดจากความเค็ม 138

หน้า

2. ผลของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของข้าวในประชากร CSSL ซึ่งได้รับชิ้นส่วนของโครโมโซมที่ 1 อยู่ระหว่างโมเลกุลเครื่องหมาย RM212 และ RM5310 ที่มีขนาดชิ้นส่วนต่างๆกันในภาวะเค็มและภาวะปกติ 138

3. ผลการแสดงออกของยีนในระดับ transcription ของยีน *Chlorophyll a-b binding protein (PsbS1)* ในข้าวสายพันธุ์ CSSL ที่มีความสามารถในการต้านทานความเค็ม 139

รายการอ้างอิง 140

ภาคผนวก 150

ภาคผนวก ก 151

1. การวิเคราะห์ค่า pH ของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) 152

2. การวิเคราะห์ค่า EC (ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย) ของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) 154

ภาคผนวก ข 157

3. สารเคมีใช้ในการสกัด RNA 158

4. การเตรียม Phenol : Chlorofrom ; isoamyl alcohol (25:24:1) (v/v) 159

5. วิธีการสกัด RNA ด้วยวิธี Hot Phenol ตามวิธีการของ Thikart และคณะ (2005) 160

6. วิธีการกำจัด DNA ด้วยเอนไซม์ DNAase I 161

7. วิธีการสร้าง cDNA สายแรกด้วยเอนไซม์ iScript™ Reverse transcription Supermix for RT-qPCR 161

8. การทำ pairwise sequence alignment ของยีน *Chlorophyll a-b binding protein (PsbS1)* 162

9. การตรวจสอบการแสดงออกของยีนด้วยวิธี quantitative RT-PCR 164

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 167

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	พันธุ์ข้าวมาตรฐาน 9 พันธุ์ข้าวที่นามาใช้ในการตรวจสอบในภาวะเค็ม	14
2	ค่า EC (ds/m) ของดินที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) 75 และ 150 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 7 14 21 และ 28 วัน	61
3	ค่า pH ของดินที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) 75 และ 150 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 7 14 21 และ 28 วัน	61
4	ค่า EC (ds/m) ของน้ำที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) 75 และ 150 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 7 14 21 และ 28 วัน	62
5	ค่า pH ของน้ำที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) 75 และ 150 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 7 14 21 และ 28 วัน	63
6	ค่า EC ของดินที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) 75 และ 150 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 6 12 และ 18 วัน	103
7	ค่า pH ของดินที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) 75 และ 150 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 6 12 และ 18 วัน	103
8	ค่า EC ของน้ำที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) 75 และ 150 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 6 12 และ 18 วัน	104
9	ค่า pH ของน้ำที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) 75 และ 150 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 6 12 และ 18 วัน	105
10	ค่า EC ของดินที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) และ 75 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 6 12 และ 18 วัน	119
11	ค่า pH ของดินที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) และ 75 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 6 12 และ 18 วัน	119
12	ค่า EC ของน้ำที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) และ 75 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 6 12 และ 18 วัน	120
13	ค่า pH ของน้ำที่ความเข้มข้นเกลือระดับ 0 (ภาวะปกติ) และ 75 mM NaCl ที่ใช้ในการปลูกข้าวเป็นเวลา 0 6 12 และ 18 วัน	120

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งในพืชทนเค็มหลายชนิดที่ปลูกในสารละลายเกลือ และในทรายที่มีสารละลายเกลือ เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 3 อาทิตย์	9
2	ลักษณะการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของพืช 2 ระยะ ในพืชที่มีลักษณะทนเค็มและไม่ทนเค็ม ในระดับเกลือที่เป็นพิษในใบ	10
3	กระบวนการทางานทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับพืชทนเค็ม และทนแล้ง	10
4	การแทนที่ขึ้นส่วนของโครโมโซมที่ 1 ที่มียีนทนแล้งจากข้าวพันธุ์ DH212 ลงในข้าวพันธุ์ KDML105 ระหว่างโมเลกุลเครื่องหมาย RM1003 และRM5310 ในข้าวประชากร CSSL	15
5	การปรับปรุงและพันธุ์พัฒนาข้าวโดยใช้ข้าวพันธุ์ KDML105 ในการผสมกลับ (backcross) และใช้โมเลกุลเครื่องหมาย (marker-assisted selection; MAS) ในการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวที่มีพันธุกรรมทนแล้ง โดย IR68586-F2-CA-31 (DHL103) และIR68586-F2-CA-143 (DHL212)	16
6	ตำแหน่งที่อยู่ของโปรตีน PsbS LHC Violaxanthin และ Zeaxanthin และการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลงของค่า pH บริเวณ thylakoid lumen และการทางานของโปรตีน PsbS เมื่อค่า pH เปลี่ยนแปลงไป	18
7	xanthophyll cycle ในพืชชั้นสูงบริเวณ tylakoid membrane โดยมีการเปลี่ยนแปลงจาก Violaxanthin เป็น Zeaxanthin อาศัยเอนไซม์ de-epoxidase (VDE) และการเปลี่ยนจาก Zeaxanthin เป็น Violaxanthinnthin อาศัยเอนไซม์ zeaxanthin epoxidase (ZE)	18
8	จำนวนกอที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วัน ในภาวะปกติ	31
9	ความกว้างใบของใบแท้ที่อายุน้อยที่สุดและเจริญเต็มที่ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 0 7 14 21 และ 28 วัน ในภาวะปกติ	32
10	ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วัน ในภาวะปกติ	33
11	จำนวนใบทั้งหมดต่อต้นที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วัน ในภาวะปกติ	34

ภาพที่ หน้า

12 น้ำหนักสดส่วนต้น (FW) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 ที่ 28 วันในภาวะปกติ..... 35
13 น้ำหนักแห้งส่วนต้น (DW) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29) หลังได้รับภาวะเค็ม 28 วัน ในภาวะปกติ..... 35
14 ภาพแสดงการเจริญเติบโตของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkal และ IR29 i หลังได้รับภาวะเค็ม 28 วัน ในภาวะปกติ..... 36
15 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Amax) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 0 7 14 21 และ 28 วัน ในภาวะปกติ..... 37
16 อัตราการคายน้ำ (T) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 0 7 14 21 และ 28 วัน ในภาวะปกติ..... 38
17 ค่าการขัดนำการเปิดของปากใบ (gs) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 0 7 14 21 และ 28 วัน ในภาวะปกติ..... 39
18 ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นข้าว (WUE) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 0 7 14 21 และ 28 วัน ในภาวะปกติ..... 40
19 จำนวนกอที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 41
20 ความกว้างใบของที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 42
21 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 43
22 จำนวนใบทั้งหมดต่อต้นของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 44
23 น้ำหนักสดส่วนต้น (FW) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 ที่ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM เกลือโซเดียมคลอไรด์ NaCl..... 45
24 น้ำหนักแห้งส่วนต้น (DW) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ ที่ 28 วัน หลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM เกลือโซเดียมคลอไรด์ NaCl..... 45
25 ภาพแสดงการเจริญเติบโตของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali หลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM เกลือโซเดียมคลอไรด์ NaCl เป็นเวลา 28 วัน..... 46

ภาพที่ หน้า

26 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 47

27 อัตราการคายน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 48

28 ค่าการชักนำการเปิดของปากใบที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 49

29 ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำของต้นข้าวที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 14 21 และ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 50

30 จำนวนจำนวนกอที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 และ 14 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 51

31 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 และ 14 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 52

32 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 และ 14 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl 53

33 จำนวนใบทั้งหมดต่อต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 และ 14 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 54

34 น้ำหนักสดส่วนต้น (FW) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 ที่ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 55

35 น้ำหนักแห้งส่วนต้น (DW) ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ ที่ 28 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM เกลือโซเดียมคลอไรด์ NaCl..... 55

36 ภาพแสดงการเจริญเติบโตของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali หลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM เกลือโซเดียมคลอไรด์ NaCl เป็นเวลา 28 วัน..... 56

37 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Amax)ของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 0 7 และ 14 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 57

38 อัตราการคายน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 และ 14 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 58

ภาพที่ หน้า

39 ค่าการชักนำการเปิดของปากใบที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 4 พันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 และ 14 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl 59

40 ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าวพันธุ์คือ KDML105 DH212 Pokkali และ IR29 เมื่อเวลาผ่านไป 7 และ 14 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl 60

41 จำนวนกอของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 เมื่อเวลาผ่านไป 0 6 12 และ 18 วัน หลังได้รับภาวะเค็มในภาวะปกติ..... 66

42 ความกว้างใบของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 เมื่อเวลาผ่านไป 0 6 12 และ 18 วัน ในภาวะปกติ..... 67

43 ความสูงที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 เมื่อเวลาผ่านไป 6 12 และ 18 วัน ในภาวะปกติ..... 68

44 จำนวนใบทั้งหมดต่อต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 เมื่อเวลาผ่านไป 6 12 และ 18 วัน ในภาวะปกติ..... 69

45 น้ำหนักสดส่วนต้น (FW) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 C SSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 18 วัน ในภาวะปกติ..... 70

46 น้ำหนักแห้งส่วนต้น (DW) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 18 วัน ในภาวะปกติ..... 71

47 ภาพแสดงการเจริญเติบโตของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 เมื่อได้รับภาวะเค็มในภาวะปกติที่ 18 วัน..... 72

48 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 เมื่อเวลาผ่านไป 6 12 และ 18 วัน ในภาวะปกติ..... 73

ภาพที่ หน้า

49 อัตราการคายน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 เมื่อเวลาผ่านไป 6 12 และ 18 วัน ในภาวะปกติ 74

50 ค่าการชักนำการเปิดของปากใบที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 เมื่อเวลาผ่านไป 6 12 และ 18 วัน ในภาวะปกติ 76

51 ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 เมื่อเวลาผ่านไป 0 6 12 และ 18 วัน ในภาวะปกติ 77

52 จำนวนของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl 78

53 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl 80

54 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl 81

55 จำนวนใบทั้งหมดต่อต้นของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl 82

56 น้ำหนักสดส่วนต้น (FW) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl 83

57 น้ำหนักแห้งส่วนต้น (DW) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl 83

58 การเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl 84

ภาพที่ หน้า

59 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด (Amax)ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl 85

60 อัตราการคายน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 86

61 ค่าการชักนำการเปิดของปากใบที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 88

62 ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 75 mM NaCl..... 89

63 จำนวนกอของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 91

64 ความกว้างใบที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 92

65 ความสูงต้นที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl 93

66 จำนวนใบทั้งหมดต่อต้นของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 94

67 น้ำหนักสดส่วนต้น (FW) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 95

68 น้ำหนักแห้งส่วนต้น (DW) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 96

ภาพที่ หน้า

69 ภาพแสดงการเจริญเติบโตของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl 96

70 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุดที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 98

71 อัตราการคายน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl 99

72 ค่าการชักนำการเปิดของปากใบที่เปลี่ยนแปลงไปของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl..... 100

73 ค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ (WUE) ของข้าว 10 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ KDML105 DH212 Pokkali IR29 CSSL10 CSSL11 CSSL12 CSSL16 CSSL26 และ CSSL27 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มที่ 150 mM NaCl 102

74 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวพันธุ์ KDML105 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มในภาวะปกติ..... 107

75 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวพันธุ์ DH212 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มในภาวะปกติ..... 108

76 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวสายพันธุ์ CSSL11 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มในภาวะปกติ..... 109

77 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวสายพันธุ์ CSSL16 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มในภาวะปกติ..... 110

78 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวสายพันธุ์ CSSL26 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มในภาวะปกติ..... 111

79 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวสายพันธุ์ CSSL27 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็มในภาวะปกติ..... 112

80 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวพันธุ์ KDML105 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 75 mM NaCl 113

ภาพที่ หน้า

81 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวพันธุ์ DH212 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 75 mM NaCl 114

82 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวสายพันธุ์ CSSL11 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 75 mM NaCl 115

83 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวสายพันธุ์ CSSL16 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 75 mM NaCl 116

84 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวสายพันธุ์ CSSL26 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 75 mM NaCl..... 117

85 ค่าการแสดงออกของยีน PsbS1 ในข้าวสายพันธุ์ CSSL27 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 75 mM NaCl 118

86 ค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ในข้าวสายพันธุ์ CSSL10 (A) CSSL11 (B) CSSL12 (C) CSSL16 (D) CSSL26 (E) CSSL27 (F) KDML105 (G) DH212 (H) Pokkali (J) และ IR29 (j) ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 0 75 และ 150 mM NaCl..... 129

87 ค่าการชักนำการเปิดของปากใบที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ในข้าวสายพันธุ์ CSSL10 (A) CSSL11 (B) CSSL12 (C) CSSL16 (D) CSSL26 (E) CSSL27 (F) KDML105 (G) DH212 (H) Pokkali (J) และ IR29 (j) ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 0 75 และ 150 mM NaCl 131

88 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เปลี่ยนแปลงไป (%) และค่าการชักนำการเปิดของปากใบที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ในข้าวสายพันธุ์ CSSL10 (A) CSSL11 (B) CSSL12 (C) CSSL16 (D) CSSL26 (E) CSSL27 (F) KDML105 (G) DH212 (H) Pokkali (I) และ IR29 (J) ที่ 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 0 75 และ 150 mM NaCl 133

89 ค่าการแสดงออกของยีน *PsbS1* ที่เปลี่ยนแปลงไป (%) ในข้าวสายพันธุ์ CSSL11 CSSL16 CSSL26 CSSL27 KDML105 และ DH212 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 75 mM NaCl..... 136

ภาพที่ หน้า

90 อัตราการสังเคราะห์แสงที่เปลี่ยนแปลงไปในข้าวสายพันธุ์ CSSL11 CSSL16 CSSL26 CSSL27 KDML105 และ DH212 ที่ 0 6 12 และ 18 วันหลังได้รับภาวะเค็ม 75 mM NaCl 137